

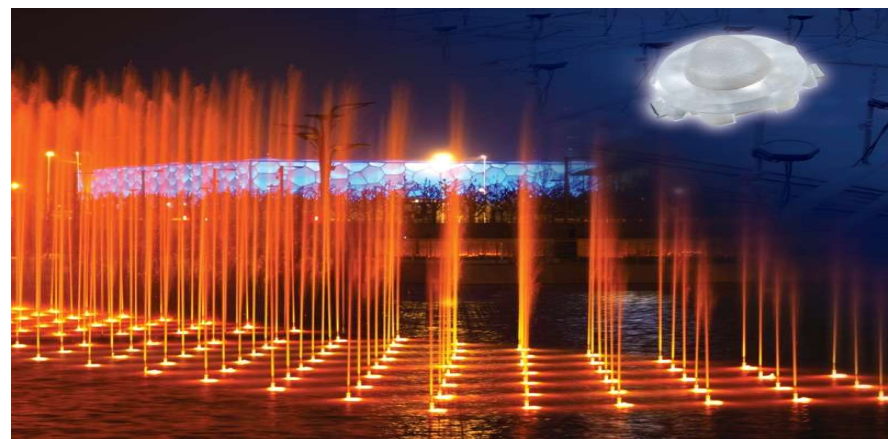


Ny teknik för utomhusbelysning och hur kommer människan in i detta.

Peter Bennich / Kalle Hashmi

Seminarium om energieffektiv utomhusbelysning

Karlskrona 2010-03-30



Innehåll

- Krav på vägbelysning
- Vad innebär det för olika kategorier av trafikanter?
- Mer om ljussättning
- Anpassning till dag och nattseende – problem och möjligheter
- Några exempel

Vägbelysning

“en fast ljusinstallation avsedd att ge bra synbetingelser för personer som utnyttjar allmänna trafikytor utomhus under dygnets mörka timmar i syfte att öka trafiksäkerheten, förbättra framkomligheten och den allmänna säkerheten”.

CEN/TR 13201-1: 2004 Road lighting – Part 1

Vad innebär då ”bra synbetingelser”?

Bra synbetingelser förutsätter bra visuella prestanda:

HASTIGHET* och *RIKTIGHET

i att

FÖRVÄRVA och BEARBETA

VISUELL INFORMATION

Trösklar i visuella prestanda

- **VISUELL SKÄRPA** – FÖRMÅGAN ATT URSKILJA DETALJER
- **KONTRASTKÄNSLIGHET** – FÖRMÅGAN ATT SE HUR ETT OBJEKT SKILJER SIG FRÅN BAKGRUNDEN
- **FÄRGKÄNSLIGHET** – FÖRMÅGAN ATT URSKILJA FÄRGER
- **TIDSUPPLÖSNING** – FÖRMÅGAN ATT FÖLJA HÄNDELSER I TID

Mål med stadens offentliga belysning:

Bilförare

- Se föremål och hinder på körbanan
- Se fotgängare och djur vid sidan av vägen på väg att korsa körbanan (perifer seende)
- Visuellt orientering
- Läsa gatunamn och husnummer

Fotgängare

- Se ansikten och kan bedöma avsikter hos personer som man möter (vertikal belysningsstyrka viktig)
- Kunna se färger på kläder
- Känna sig komfortabel och säker i utomhusmiljön

Cyklister

- Se små hinder på vägbanan
- Synas bättre själva

Boende

- Bra överblick av gatan från bostaden
- Inget störande ljus

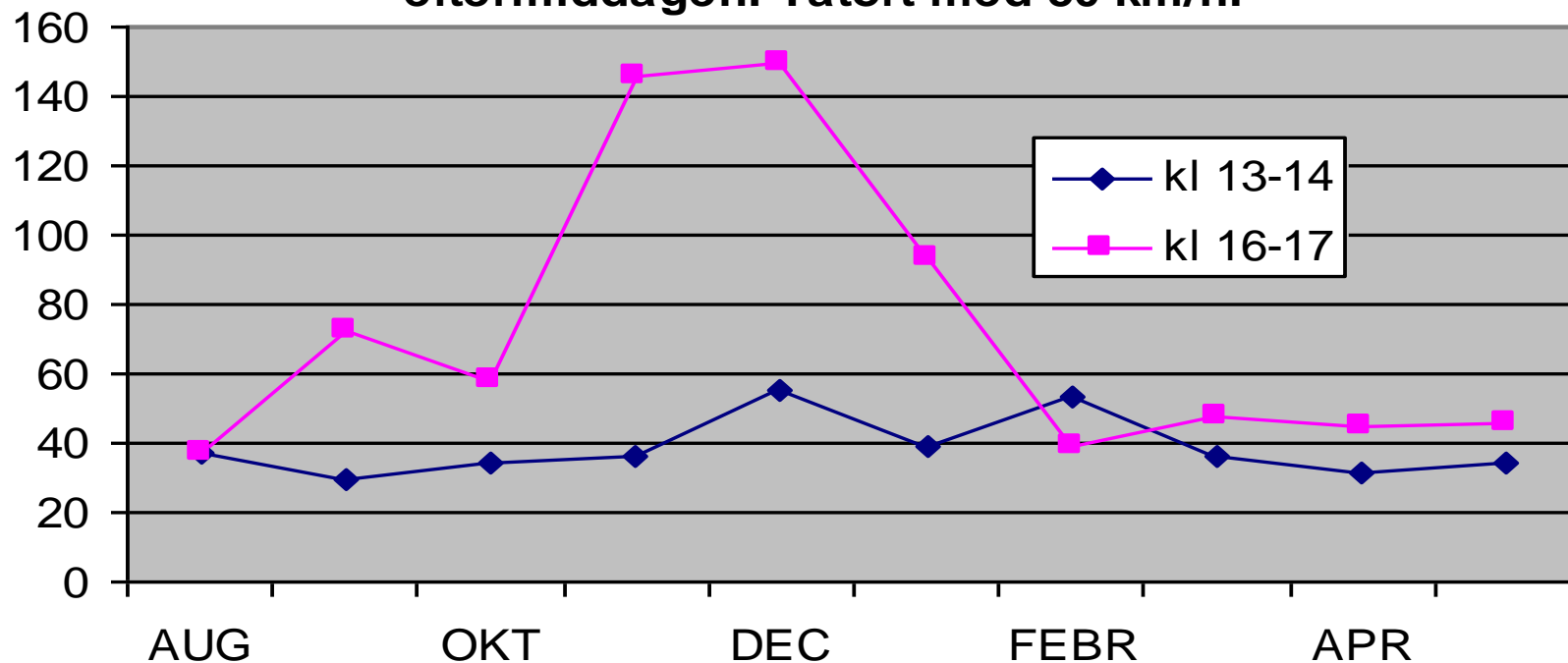


Vägtrafikanter

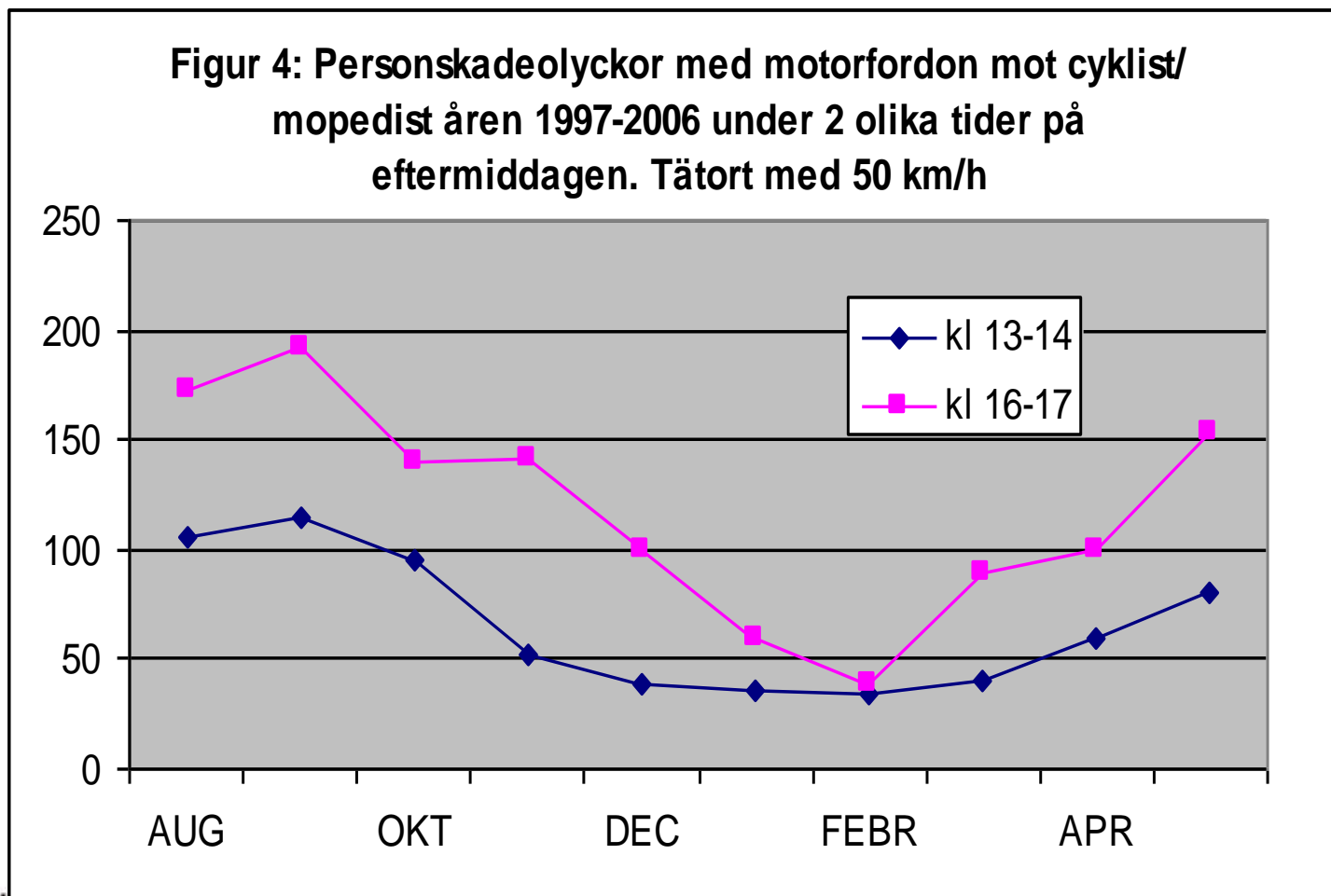


Standarderna uppfylls visserligen, men hur ser det ut egentligen? Olyckor mellan motorfordon och gående:

Figur 3: Personskadeolyckor med motorfordon mot gående åren 1997-2006 under 2 olika tider på eftermiddagen. Tätort med 50 km/h.



...och mellan motorfordon och cyklist/mopedist:



Trafikkategorier:



Snabb (F), medel (M) och långsam trafik (S)

Egenskaper vid vägbelysning

Tekniska (det som krävs enligt standarden)

- Belysningsstyrka (Lux, cd/m²)
- Energiförbrukning – W, kW, W/m², kWh
- Anläggning – Lampor, driftdon, armaturer, arbete

Visuella (det som ofta glöms bort...)

- Placering
- Bländning (direkt / reflekterad)
- Jämnhet
- Färgåtergivning

Estetiska

- Färgtemperatur

Egenskaper för vägbelysning - regleras nu delvis av ekodesign!

- Lampornas ljusflöde
- Lampornas livslängd
- Lampornas ljusminskning
- Armaturernas ljusfördelning
- Lampan återtändningstid
- Lampornas ljusfärg
- Omgivningstemperatur och temperaturväxlingar
- Armaturernas och lampornas fysiska storlek
- Armaturernas och lampornas fysiska hållbarhet
- Kostnader



Fotgängare, övriga



Fotgängare

Belysningens fördelar	Kvalitetskriterier
Säkerhet – förbättra fotgängarnas känsla av säkerhet	Jämn belysning att föredra
	Förstärkning av vertikal belysning
Bekvämlighet – göra det lättare för fotgängarna att se	Påverkas av en jämn belysning
	Undvika mörka skuggor från exempelvis träd
Tillförlitlighet – påverkar både säkerheten och bekvämligheten	Använd lampor med lång livslängd
	Använd ljuskällor som inte tänder och släcker mot slutet av sin livslängd (typiskt för Hg-lampor)

Ljus och säkerhet

- Ett område som är bra belyst efter mörkrets inbrott upplevs av allmänheten som säkrare och mer intressant.
- Boyce, P.R. et al, Perceptions of safety at night in different lighting conditions, *Lighting Research & Technology*. 32: 79-91 (2000)

Belysningslösningar: Ex: Övergångsställen (blinkande LED)



Övergångsställen

- Lysdioder signalerar närvaro av fotgängare i vägbanan.
- Ger sänkt hastighet hos bilförarna.
- Minskat antalet konflikter mellan bilar och fotgängare.
- Billigare att installera än signalbestyckad vägkorsning.

John Van Derlofske and Peter Boyce of the Lighting Research Center, Albany, Troy



Mer om själva ljus- sättningen

Repetition grundläggande begrepp

- **Ljusflöde [lm]**: hur mycket ljus en ljuskälla avger i det synliga området
- **Ljusintensitet [cd], [lm/sr]**: ljusflödet i en viss riktning
- **Illuminans [lm/m²], [lux]**: infallande ljusflöde per ytenhet
- **Reflektivitet: $R = R(\lambda)$** : Avgör hur mycket av ljuset som kommer att reflekteras, *våglängdsberoende*.
- **Luminans [cd/m²], [lm/sr*m²]**: ljuset som reflekteras från en yta.

Forskningen visar

Luminansen är viktigare än illuminansen.

Dvs: tänk på egenskaperna hos **både** ljuskällan och ytorna (väg, gångväg, väggar, tunnlar etc)

Nya och mindre ljuskällor

Den senaste teknologin ger oss 65 % mindre lampor.

Den möjliggör bättre utformad optik och mindre ljusföroreningar

HPS -> CDM

LPS och Hg -> HPS retro -> CDM (armaturbyte) -> LED?

Eller LVD? (Svår att skärma av helt, dock)



Armaturer för offentlig belysning

Exponering för omgivningsfaktorer

- Omgivningstemperatur
- Damm
- Kemikalier (luftföroreningar)
- Regn
- Vibrationer
- Insekter
- UV-strålning
- Åverkan

Armaturutformning

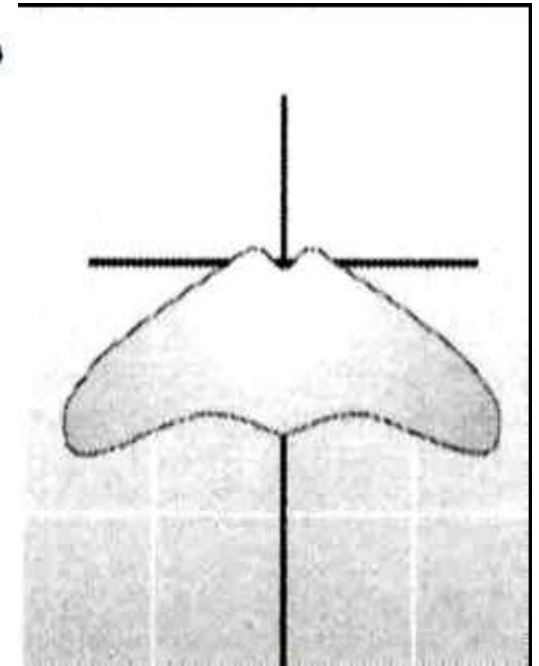
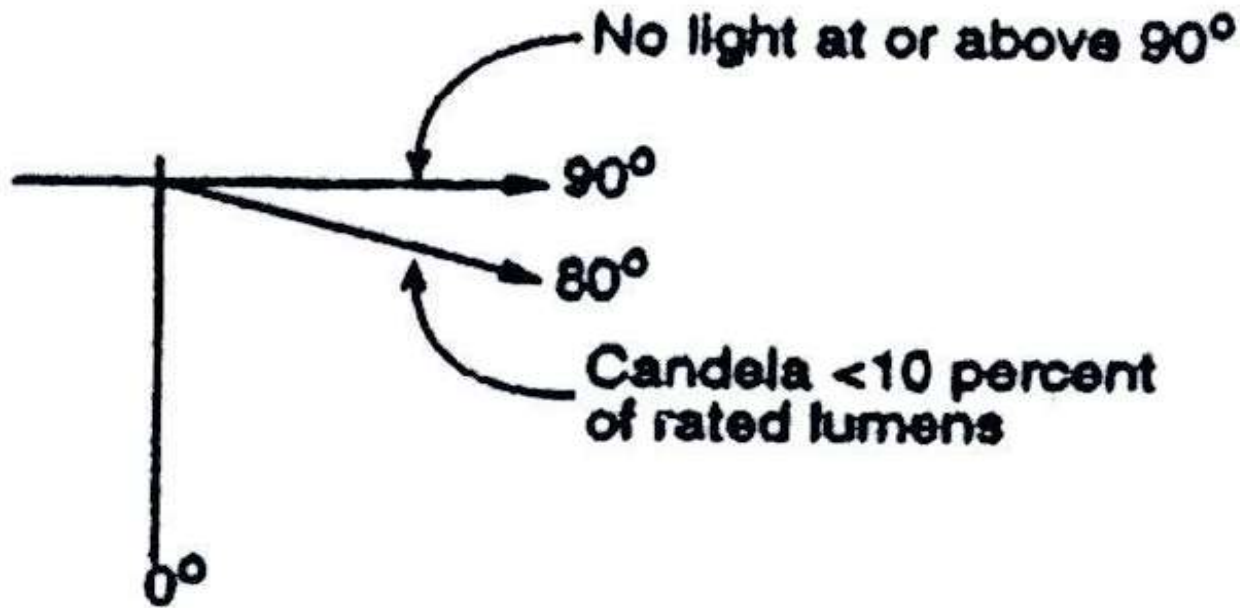
Armaturerna skall utformas så att insekter och damm inte kan tränga in och påverka det optiska systemet.

Vi rekommenderar: Välj IP 65 istället för IP 23 (inte så mycket dyrare, men mycket tätare), dvs gå från låg till hög bibehållningsfaktor.

Ljusförorening

Ljusförorening och störande ljus är ett allt större problem vid överbelyst och dåligt utformad utomhusbelysning. 30 % spilljus idag på våra vägar... kan minskas!

Fullständig avskärmning



En fullständig avskärmad armatur (cut-off) garanterar att ljuset som den avger riktas nedåt. Denna typ av ljusspridning minskar det störande ljuset, minskar ljusföroreningen och kan reducera bländningen.

Armaturverkningsgrader

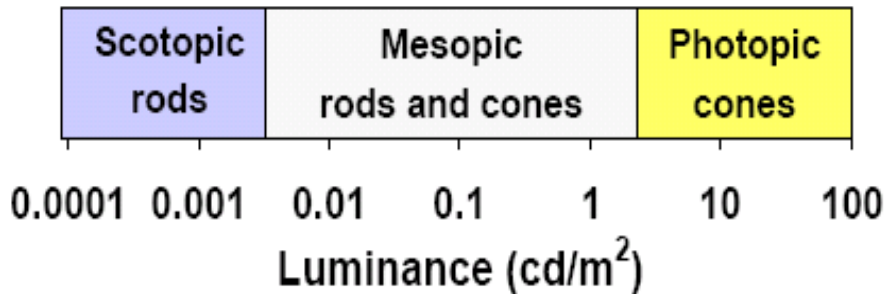
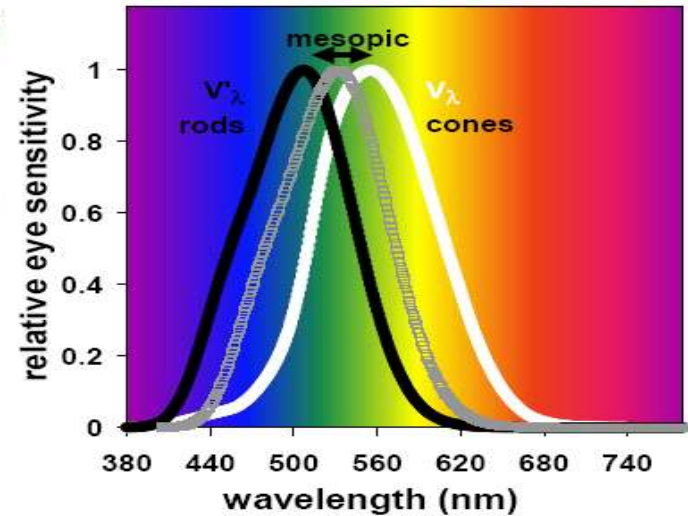
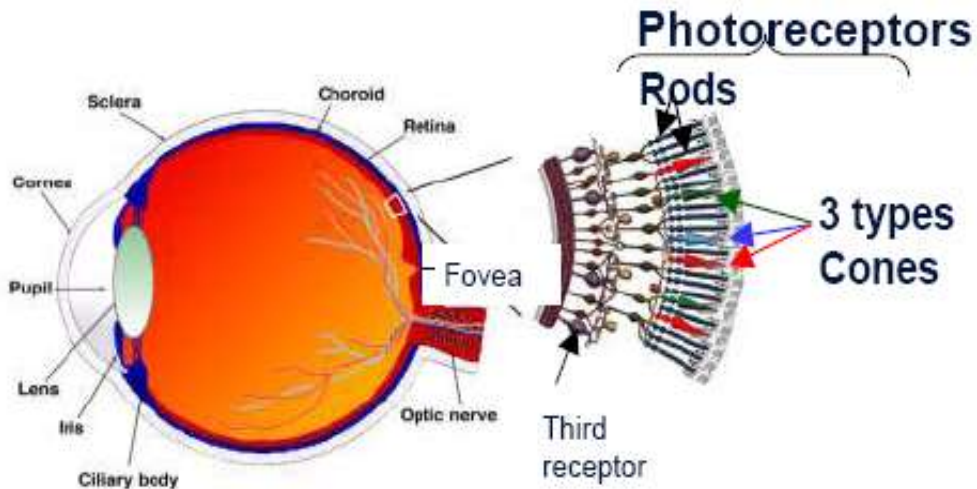
- **Delavskärmad** **60%**
- **Helavskärmad** **70%**

Använd avskärmade armaturer (Cut off) där lampan inte kan ses av föraren i normala blickriktningar.

Anpassning efter ögats förmåga till mörkerseende

- Vid låga belysningsnivåer: Välj ljuskällor med spektrum som tar hänsyn till människans visuella förutsättningar vid denna belysningsnivå ...låt ljuskällorna anpassa sig till oss istället för tvärtom
 - Kan förbättra synbarheten, känslan av säkerhet och komforten
 - Kan tillåta lägre belysningsnivåer, spara energi och minska utsläppen av CO₂

Det mänskliga seendet



- Tapparna aktiva vid högre ljusnivåer
- Stavarna aktiva vid lägre ljusnivåer
- λ max tapparna $\sim 555\text{nm}$ (gult)
- λ max stavarna $\sim 507\text{nm}$ (blått)

Skillnader mellan de tre områdena:

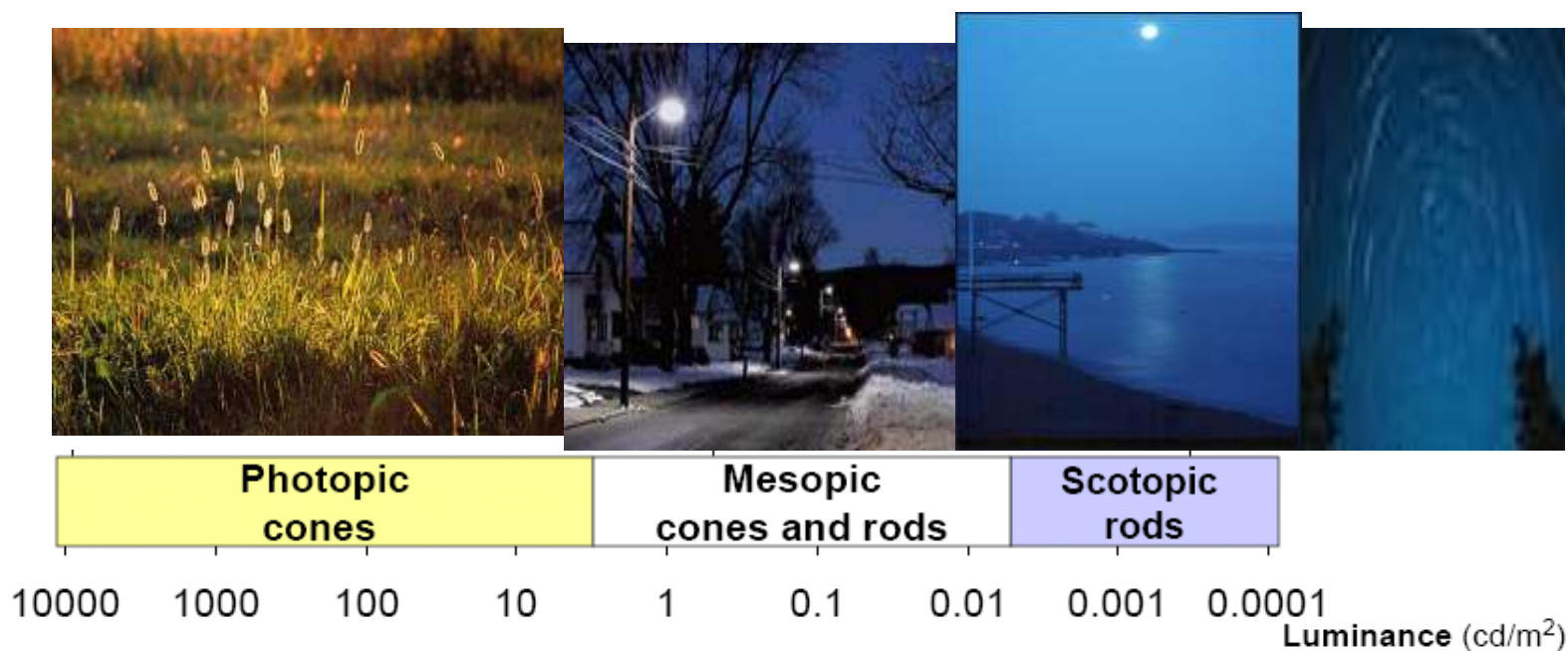
fotopisk mesopisk skotopisk



Stavar respektive tappar

Stavar	Tappar
PERIFERT/VIDVINKEL SEENDE	RAKT SEENDE
HÖG LJUSKÄNSLIGHET	LÅG LJUSKÄNSLIGHET
KAN UPPFATTA RÖRELSE	EJ UPPFATTAR RÖRELSE
EJ URSKILJA DETALJINFO (LÅG SYNSKÄRPA)	KAN URSKILJA DETALJINFO (HÖG SYNSKÄRPA)
MÖRKERSEENDE	DAGSEENDE
KAN EJ URSKILJA FÄRGNYANSER	KAN URSKILJA FÄRGNYANSER
LÅNGSAM ANPASSNING FRÅN LJUS TILL MÖRKER	SNABB ANPASSNING FRÅN MÖRKER TILL LJUS

Dag- och nattseende



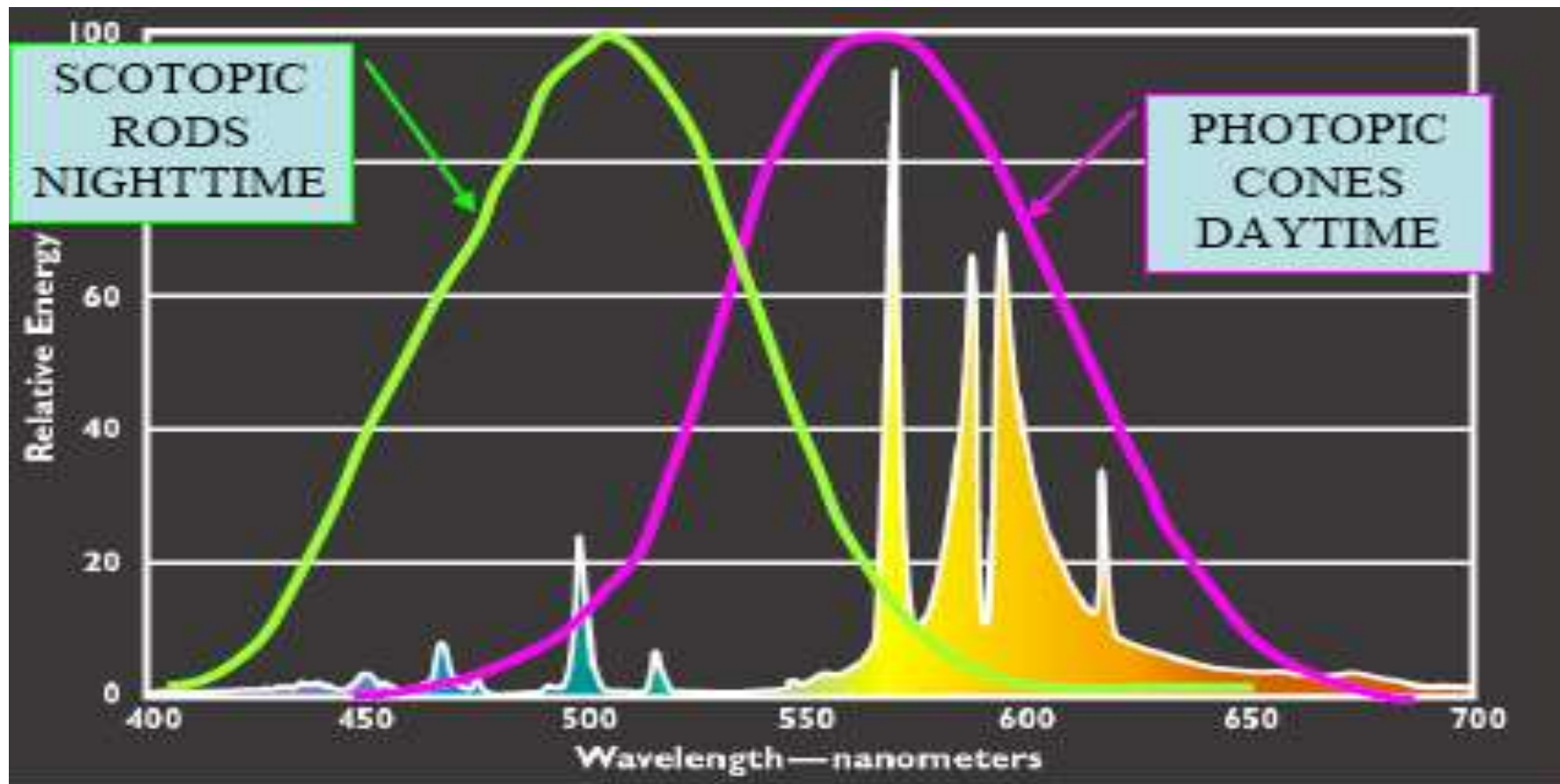
Ljusberäkningar baseras ofta på tapparna (cones), deras känslighet börjar vid 3 cd. Anpassa ljusspektrum efter vilken situation som råder eftersom ögats känslighetskurva ser olika ut vid olika belysningsnivåer.

Mesopisk luminans

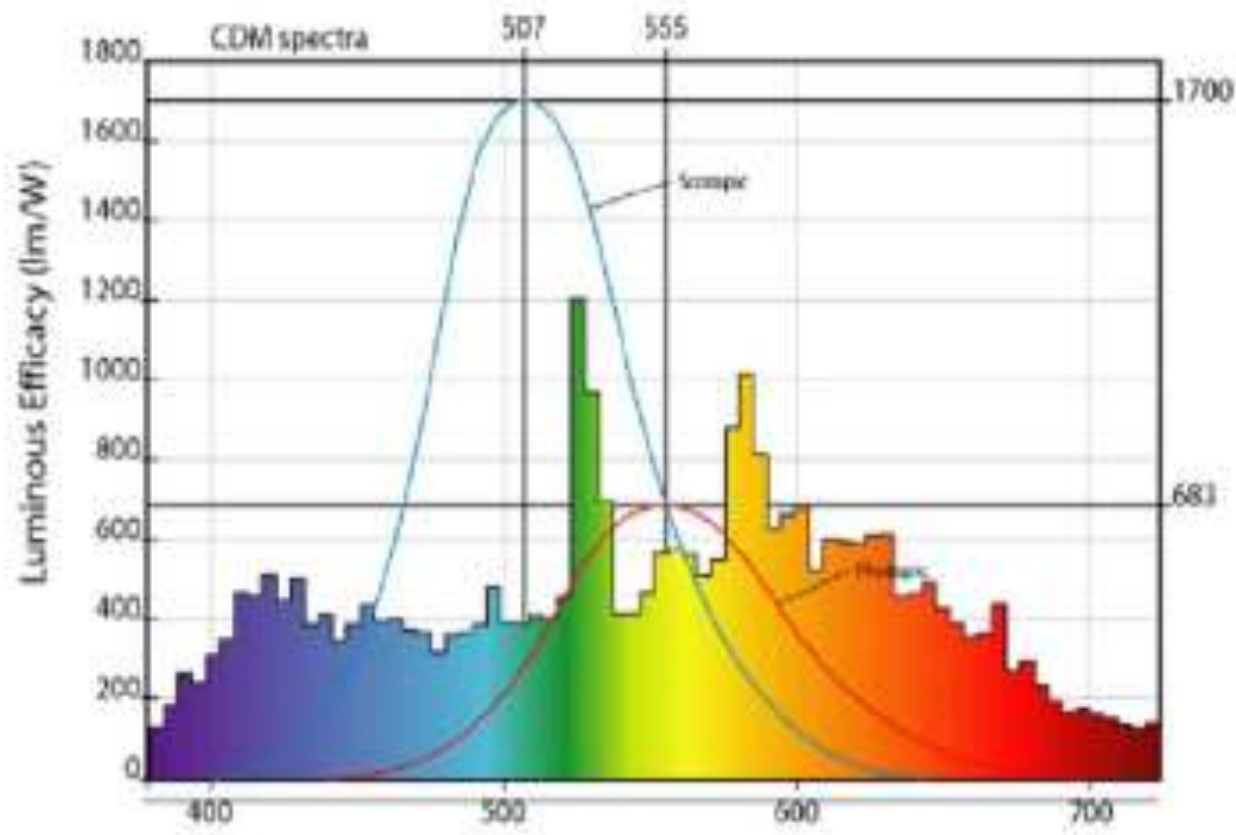
- Mesopisk region från 0,001 3 cd/m², där både tappar och stavar är aktiva.

Den rekommenderade genomsnittliga luminansen på vägar och gator i Sverige är mellan 0,5 2 cd/m². Men använder trots det "fel" spektrum

Högtrycksnatriumlampa (HPS) Spektral energifördelning



Metallhalogenolampa (CDM) Spektral energifördelning



Fotopisk och skotopisk effektivitet hos högtrycksnatriumlampor

Effektiviteten (ljusutbytet) för högtrycksnatriumlampor är mellan 90 och 120 lm/W i det fotopiska området (dagseende) men endast mellan 50 – 70 lm/W i den **mesopiska** delen (mörkerseende).

Ögat och ljusnivåer

- LJUSNIVÅER PÅVERKAR HUR ÖGAT REAGERAR
- Fotopisk eller DAGSEENDE $> 3 \text{ cd/m}^2$
 - max känslighet 555 nm (GRÖN GUL)
- Mesopisk eller SKYMNINGSEENDE $0,01 - 3 \text{ cd.m}^2$
- Skotopisk eller MÖRKERSEENDET $< 0,01 \text{ cd.m}^2$
 - Max känslighet 507 nm (BLÅ GRÖN)

Spektrum och reaktionstid

Ny forskning (LRC) visar att reaktionstiden bli längre i gult ljus från högtrycksnatriumlampor än från det vita ljuset från metallhalogenlampor.

Spektrum och synbarhet

- Ju bättre färgåtergivning desto lägre belysningsnivåer krävs för samma synbarhet
- UK har minskat nivåerna av belysning för fotgängare från 5 lux till 3 lux samtidigt som Ra-index höjts till 65.

Ljutfärg och kriminalitet

- En nyligen genomförd studie i UK har undersökt ljutfärgens inverkan på kriminalitet. Resultatet pekar på en minskning av brotten med 20 % vid vitt ljus.
- Glasgow har, med utgångspunkt från denna studie, beslutat att bytta ut orange natriumbelysning med blåvitt ljus. Staden tror att vitt ljus som mer påminner om dagsljus ger invånarna en större känsla av trygghet och säkerhet.

Övervakningskameror

Vid de tillfällen då man använder övervakningskameror fordras vitt ljus.

Vitt eller gult ljus i stadsmiljö?

Forskning visar:

- Kortare reaktionstid vid vitt ljus
- Vägar/trottoarer upplevs ljusare och mer komfortabla
- Trafiksignaler framträder tydligare
- Lättare att känna igen ansikten
- Större säkerhetskänsla

Biltunnel belysning dag resp natt.

Idag: konstant belysning

- Under dag krävs en luminans på $4,65 \text{ cd/m}^2$ i tunneln.
- Under natten är ett värde på $0,8 \text{ cd/m}^2$ tillräckligt.
- Den genomsnittliga energiförbrukningen under dagen är 70 W . På natten är ett genomsnitt på endast 12 W tillräckligt
- Utrymme för styrning!

Betong eller asfalt (danskarna blandar in vit sten och klarar att gå ner till < 2 cd/m² istället för 3 cd/m²)



Concrete pavement reflects up to 27% of light. Black asphalt pavement reflects only 5% of light.

Försök till sammanfattning

Olika krav på belysning beroende på vilken trafikant vi talar om

Tekniska krav ofta uppfyllda

Övriga "krav" – visuella och estetiska – är inte alltid uppfyllda

Alla möjligheter till optimering av alla krav är inte utnyttjade

Ekodesign driver på utvecklingen från LPS och Hg-lampor mot CDM, LVD, och LED

Den optimala belysningen?

Att **dynamiskt** kunna styra både

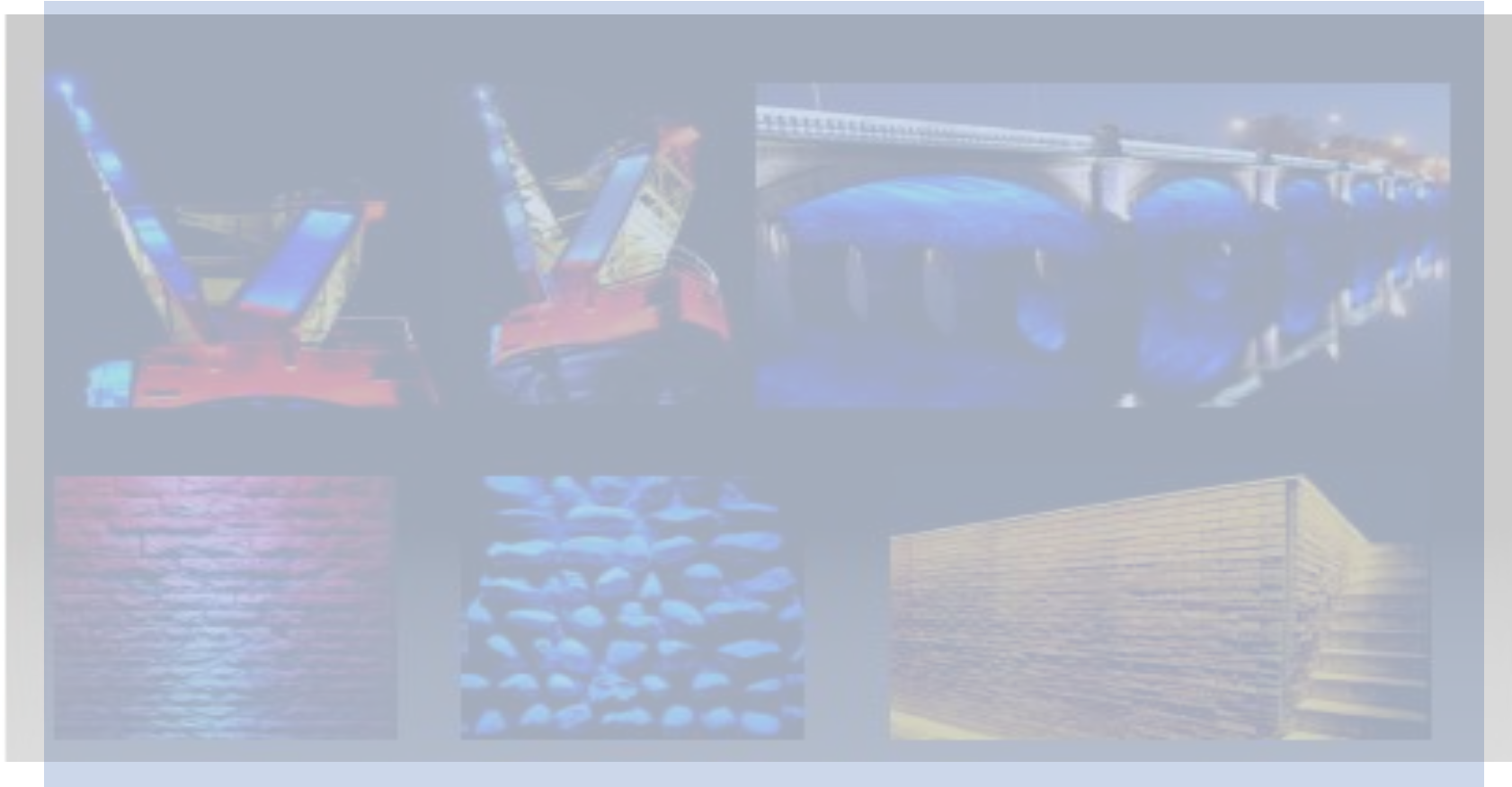
- "ljusstyrka",
- färgåtergivning och
- färgtemperatur

Några exempel...

















china











LIGHT PIPES



TACK SÅ MYCKET

Ta inte med... Spektrala effekter på lägre luminans nivå (0,5 cd/m²)T

- Vid luminans nivå på 0,5 cd/m², skillnaden i luminans tröskel mellan foveala (rakt fram) och perifera seende försvinner i blått ljus men inte i gult ljus.
- Det blå ljuset blir relativt effektivare mellan 0,1 ... 0,5 cd/m².
- Luminance & visibility in road lighting, Lighting Laboratory, Helsinki

Effekter av ljuskällans spektrala sammansättning

- Upplevelse av ljushet
- Förmåga att känna igen ansikten
- Nyansrikedom och identifikation av färger

Forskning om skotopisk rikt ljus

- Senaste forskning vid LRC, USA, säger endast vid låga ljusnivåer och för off - axis arbetsuppgifter.
- Vid högre ljusnivåer blir effekten försumbar.

Forskning om skotopisk rikt ljus

- Människor upplever skotopisk rikt ljus ljusare.

Om vi uppfattar att det är ljusare kan vi då bättre utföra en synuppgift? Ger en ökad trygghet... men inte säkert att lösandet av att lösa korsord ökar! En subjektiv upplevelse.